



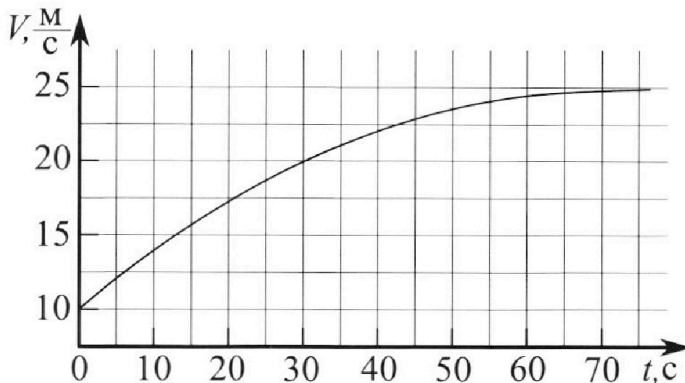
Олимпиада «Физтех» по физике, февраль 2023

Вариант 11-03

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби и радикалы.



1. Автомобиль массой $m = 1500$ кг движется с постоянной скоростью и затем разгоняется на прямолинейном горизонтальном участке дороги. График зависимости скорости от времени при разгоне показан на рисунке. В конце разгона сила тяги двигателя равна $F_k = 600$ Н. Считать, что при разгоне сила сопротивления движению пропорциональна скорости.



- 1) Используя график, найти ускорение автомобиля в начале разгона.
- 2) Найти силу тяги F_0 в начале разгона.
- 3) Какая мощность P_0 передается от двигателя на ведущие колеса в начале разгона?

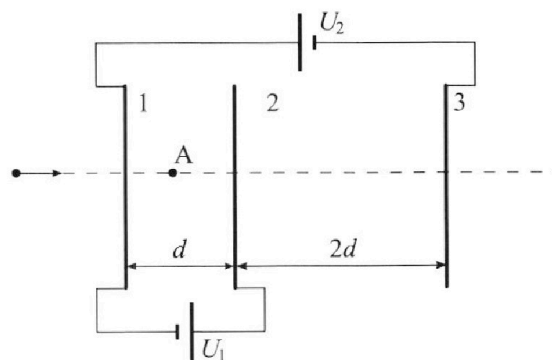
Требуемая точность численного ответа на первый вопрос ориентировочно 10%.

2. Герметичный вертикальный цилиндрический сосуд объёмом V разделён тонким невесомым теплопроводящим герметичным поршнем (диск соосный с сосудом) на две равные части. Поршень может перемещаться без трения. В верхней части цилиндра находится гелий, а в нижней - вода и углекислый газ. В начальный момент система находилась в равновесии при давлении $P_0 = P_{\text{атм}}/2$ ($P_{\text{атм}}$ - нормальное атмосферное давление) и при комнатной температуре T_0 . При этом жидкость занимала объём $V/4$. Затем цилиндр медленно нагрели до $T = 373$ К. Установившийся объём его верхней части стал равен $V/5$.

По закону Генри, при заданной температуре количество Δn растворённого газа в объёме жидкости w пропорционально парциальному давлению p газа: $\Delta n = kpw$. Объём жидкости при этом практически неизменен. Для углекислого газа константа Генри для данной комнатной температуры $k \approx 0,5 \cdot 10^{-3}$ моль/(м³·Па). При конечной температуре T углекислый газ в воде практически не растворяется. Можно принять, что $RT \approx 3 \cdot 10^3$ Дж/моль, где R - универсальная газовая постоянная. Давлением водяных паров при комнатной температуре и изменением объёма жидкости в процессе нагревания пренебречь. Все газы считать идеальными.

- 1) Найти отношение количеств вещества в газообразном состоянии в верхней и нижней частях до нагревания.
- 2) Определите отношение конечной и начальной температур в сосуде T/T_0 .

3. Три проводящие плоские мелкие сетки находятся друг напротив друга на расстояниях d и $2d$ (см. рис.). Размеры сеток значительно больше d . Изначально сетки не заряжены. К сеткам подсоединили источники с напряжением $U_1 = U$ и $U_2 = 3U$. Частица массой m и зарядом $q > 0$ движется по направлению к сеткам и перпендикулярно сеткам, имея скорость V_0 на расстоянии от сеток, намного большем их размеров. Частица пролетает через сетки, не отклоняясь от прямолинейной траектории. Заряд q намного меньше модуля зарядов сеток.



- 1) Найти модуль ускорения частицы в области между сетками 1 и 2.
- 2) Найти разность $K_1 - K_2$, где K_1 и K_2 — кинетические энергии частицы при пролете сеток 1 и 2.
- 3) Найти скорость частицы в точке А на расстоянии $d/4$ от сетки 1.

Олимпиада «Физтех» по физике,
февраль 2023

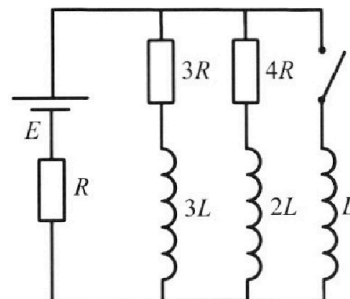
Вариант 11-03

Во всех задачах, в ответах допустимы обыкновенные дроби
и радикалы.

4. Параметры цепи указаны на схеме, все элементы идеальные. Ключ разомкнут, режим в цепи установился. Затем ключ замыкают.

- 1) Найти ток I_{10} через резистор с сопротивлением $3R$ при разомкнутом ключе.
- 2) Найти скорость возрастания тока в катушке индуктивностью L сразу после замыкания ключа.
- 3) Какой заряд протечет через резистор с сопротивлением $3R$ при замкнутом ключе?

Ответы давать с числовыми коэффициентами в виде обыкновенных дробей.



5. Оптическая система состоит из двух призм с показателями преломления n_1 и n_2 и находится в воздухе с показателем преломления $n_{\text{в}} = 1,0$. Точечный источник света S расположен на расстоянии $a = 90$ см от системы и рассматривается наблюдателем так, что источник и глаз наблюдателя находятся на прямой, перпендикулярной наружным поверхностям призм (см. рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

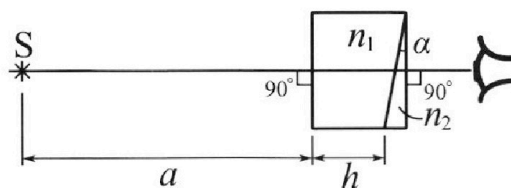


рис.). Угол $\alpha = 0,1$ рад можно считать малым, толщина $h = 14$ см. Толщина призмы с показателем преломления n_2 на прямой «источник – глаз» намного меньше h . Отражения в системе не учитывать.

- 1) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите на какой угол отклонится системой луч, идущий от источника перпендикулярно левой грани системы.
- 2) Считая $n_1 = n_{\text{в}} = 1,0$, $n_2 = 1,7$, найдите расстояние между источником и его изображением, которое будет видеть наблюдатель.
- 3) Считая $n_1 = 1,4$, $n_2 = 1,7$, найдите на каком расстоянии от источника будет его изображение, которое увидит наблюдатель.

1	2	3	4	5	6	7
☒	☐	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№1

Дано:

$$m = 1500 \text{ кг}$$

$$F_k = 600 \text{ Н}$$

$$F_c = \alpha V$$

Решение:

из графика $V(5c) \approx 12 \frac{\text{м}}{\text{с}}; V_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}$

$$a_0 = \frac{V(5c) - V_0}{t} = \frac{12 \frac{\text{м}}{\text{с}} - 10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{5c} = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

1) a_0 - ?

2) в конце разгона $V_k = 25 \frac{\text{м}}{\text{с}} = \text{const} \Rightarrow$

2) F_0 - ?

$\Rightarrow$ по 2 з. Ньютона $F_k - F_c = 0$

3) P_0 - ?

$$F_k - \alpha V_k = 0 \Rightarrow \alpha = \frac{F_k}{V_k}$$

~~по~~ по 2 з. Ньютона для начала разгона

$$F_0 - \alpha V_0 = a_0 m \Rightarrow F_0 = a_0 m + F_k \frac{V_0}{V_k}$$

$$F_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} \cdot 1500 \text{ кг} + 600 \text{ Н} \cdot \frac{10 \frac{\text{м}}{\text{с}}}{25 \frac{\text{м}}{\text{с}}} = 600 \text{ Н} \left(1 + \frac{10}{25} \right) = 600 \text{ Н} \cdot \left(1 + \frac{2}{5} \right) = 600 \text{ Н} \cdot \frac{7}{5} = 840 \text{ Н}$$

$$3) P_0 = \frac{dA}{dt} = \frac{dE}{dt} = \frac{V_0 \cdot F_0}{dt} = V_0 \cdot F_0$$

$$P_0 = 10 \frac{\text{м}}{\text{с}} \cdot 840 \text{ Н} = 8400 \text{ Вт}$$

Ответ: 1) $a_0 = 0,4 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$

2) $F_0 = 840 \text{ Н}$

3) $P_0 = 8400 \text{ Вт}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№2

Дано:

$$V, p_0 = \frac{p_{\text{атм}}}{2}, T_0$$

$$V_{\text{ш}} = \frac{V}{4}$$

$$T = 373 \text{ K}$$

$$V_2 = \frac{V}{5}$$

$$K \approx 0,5 \cdot 10^3 \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}$$

$$RT \approx 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}}$$

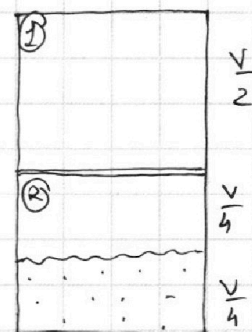
Решение:

а) в начальный момент времени система находится в равновесии, поршень невесомый $\Rightarrow p_1 = p_2 = p_0$

ур-ие Клапейрона-Менделеева:

$$pV = \nu RT$$

$$\begin{aligned} \textcircled{1} p_0 \cdot \frac{V}{2} &= \nu_1 RT_0 \\ \textcircled{2} p_0 \cdot \left(\frac{V}{2} - \frac{V}{4} \right) &= \nu_2 RT_0 \end{aligned} \quad \Rightarrow \quad \begin{aligned} \nu_1 &= \frac{p_0 V}{2 RT_0} \\ \nu_2 &= \frac{p_0 V}{4 RT_0} \end{aligned}$$



~~1) $\frac{\nu_1}{\nu_2} = ?$ 2) $\frac{T}{T_0} = ?$~~

$$1) \frac{\nu_1}{\nu_2} = ? \quad 2) \frac{T}{T_0} = ?$$

$$\frac{\nu_1}{\nu_2} = \frac{\frac{p_0 V}{2 RT_0}}{\frac{p_0 V}{4 RT_0}} = \frac{\frac{1}{2}}{\frac{1}{4}} = \frac{1}{2} \cdot 4 = 2$$

2) в начальный момент времени в воде был растворен углекислый газ: $\Delta p = K p_{\text{н}}$ (закон Генри)

$$\Delta p = K \cdot p_0 \cdot \frac{V}{4} = \frac{K p_0 V}{4}$$

при температуре T в нижней части сосуда находится

$$p_2' = p_2 + \Delta p \text{ углекислого газа}$$

при температуре T давление на поршень в нижней части сосуда оказывают насыщенный водяной пар и углекислый газ $\Rightarrow$ по з. Дальтона $p = p_2' + p_{\text{нп}}$

ур-ие Клапейрона-Менделеева: $\textcircled{1} p_0 \cdot \frac{V}{2} = \nu_1 RT_0$ — нач. сост.

$p \cdot \frac{V}{5} = \nu_2 RT$ — конеч. сост.

$$\frac{p_0 V}{2 RT_0} = \frac{p V}{5 RT} \Rightarrow \frac{p_0 V}{2 T_0} = \frac{p V}{5 T}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

УЗ2 - продолжение 1

② $p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 RT_0$ - начальное сост. (для ускор. газа)

$p_2' V_2' = \nu_2' RT$ - конечное сост. (для ускор. газа)

$p_0 \cdot \frac{V}{4} = \nu_2 RT_0 \Rightarrow \nu_2 = \frac{p_0 V}{4 RT_0}$

$p \cdot (V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4}) = (\nu_2 + \Delta \nu) RT \quad (1)$

$V - \frac{V}{5} - \frac{V}{4} = \frac{20V}{20} - \frac{4V}{20} - \frac{5V}{20} = \frac{11V}{20}$

из н.д. $\frac{\nu_1}{\nu_2} = 2 \Rightarrow \nu_2 = \frac{\nu_1}{2}$

(1): $p \cdot \frac{11V}{20} = \nu_2 RT + \Delta \nu RT$

$11pV = 20(\frac{\nu_1}{2} RT + \Delta \nu RT) \Rightarrow p = \frac{20}{11V} (\frac{1}{2} \cdot \nu_1 RT + \Delta \nu RT)$

$p = p_2' + p_{\text{нп}}$

$p = \frac{20}{11V} (\frac{1}{2} \nu_1 RT + \Delta \nu RT) + p_{\text{нп}}$

$p = \frac{20}{11V} (\frac{1}{2} \cdot \frac{p_0 V}{5} + \frac{k p_0 V}{4} \cdot RT) + p_{\text{нп}} \quad / \cdot 11$

$11p = \frac{20}{V} \cdot \frac{1}{2} \cdot p_0 V + \frac{20}{V} \cdot \frac{k p_0 V}{4} \cdot RT + 11p_{\text{нп}}$

$11p = 10p_0 + 5k p_0 RT + 11p_{\text{нп}}$

$9p = 5k p_0 RT + 11p_{\text{нп}}; \text{ из } ① p = \frac{5}{2} \frac{T}{T_0} p_0$

при $T = 373\text{K}$ $p_{\text{нп}} = 10^5 \text{Па} = p_{\text{атм}}$ (нормальное атм. давление)

$9 \cdot \frac{5}{2} \frac{T}{T_0} p_0 = 5k p_0 RT + 11p_{\text{нп}} \Rightarrow \frac{T}{T_0} = \frac{2}{45} (5k RT + 11 \frac{p_{\text{нп}}}{p_0})$

$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{45} (5k RT + 11 \frac{p_{\text{атм}}}{p_0}) =$

$= \frac{2}{45} (5k RT + 22)$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☒	☐	☐	☐	☐	☐

 МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№2 - продолжение 2

$$\frac{T}{T_0} = \frac{2}{45} (5kRT + 22)$$

$$\begin{aligned} \frac{T}{T_0} &= \frac{2}{45} \left(5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \frac{\text{моль}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} \cdot 3 \cdot 10^3 \frac{\text{Дж}}{\text{моль}} + 22 \right) = \\ &= \frac{2}{45} \cdot \left(\frac{15}{2} + \frac{44}{2} \right) = \frac{2}{45} \cdot \frac{59}{2} = \frac{59}{45} \end{aligned}$$

Ответ: 1) $\frac{v_1}{v_2} = 2$

2) $\frac{T}{T_0} = \frac{59}{45}$

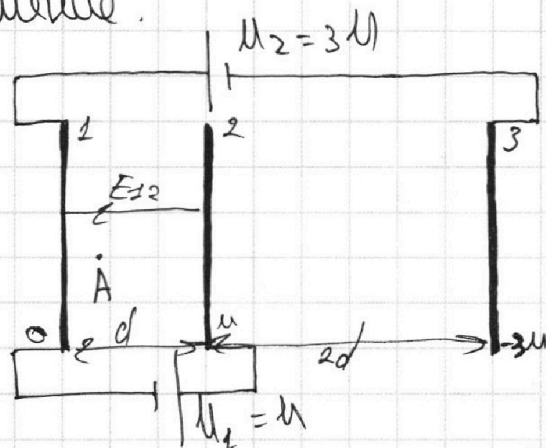
1 2 3 4 5 6 7
☐ ☐ ☒ ☐ ☐ ☐ ☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



№3
 Дано:
 $d; 2d$
 $U_1 = U$
 $U_2 = 3U$
 $m; q > 0$
 V_0

Решение:



$$1) E_{12} = \frac{U_1}{d}$$

по 2-3. Ньютона

$$F_{кл} = am$$

$$qE_{12} = am \Rightarrow$$

$$\Rightarrow a = \frac{q}{m} \cdot E_{12} = \frac{qU}{md}$$

1) $a_{12} - ?$

2) $U_1 - U_2 - ?$

3) $V_A - ?$

2) $\varphi_1 = 0$ - потенциал 1 пластины
 тогда $\varphi_2 = U$
 $\varphi_3 = -3U$ $\Rightarrow U_{23} = 4U$

тогда ~~на~~ E_{12} направлением E_{12} направлена влево

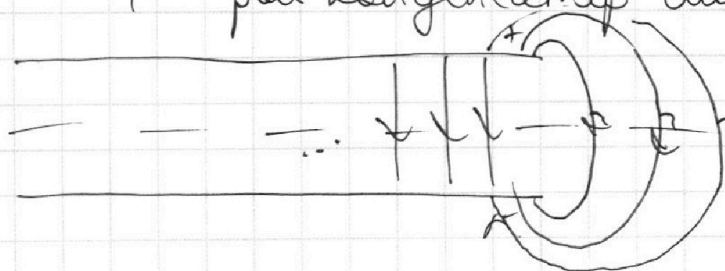
$\Rightarrow$ частица замедляется; тогда по ЗРЭ $K_1 - K_2 = A_{12}$

$$K_1 - K_2 = q \Delta \varphi_{12} = q \cdot U$$

3) ~~на~~ внешнее поле конденсатора:



линии напряженности внешнего поля конденсатора перпендикулярны плоскости, ~~проходящей~~ относительно которой конденсатор симметричен $\Rightarrow$



$$\Rightarrow \varphi_{середин} = \varphi_{\infty} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \varphi_{\infty} = \frac{-U_2}{2} + 0 = -\frac{3U}{2}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☒	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



$\varphi_A \in$ №3 - продолжение

$$\varphi_A = 0 + \frac{U}{d} \cdot \frac{d}{4} = \frac{U}{4}$$

ЗСЭ: ~~$K_A - K_0 + A_{0A}$~~ ЗСЭ:

$$\frac{mV_A^2}{2} - \frac{mV_0^2}{2}$$

$$K_A + \cancel{A_{0A}} = K_0 + A_{0A}$$

$$\frac{mV_A^2}{2} = \frac{mV_0^2}{2} - q(\varphi_A - \varphi_\infty)$$

$$mV_A^2 = mV_0^2 - 2q\left(\frac{U}{4} + \frac{3U}{2}\right)$$

$$V_A^2 = V_0^2 - 2 \frac{q}{m} \left(\frac{U}{2} + \frac{6U}{2}\right)$$

$$V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{q}{m} \cdot \frac{7U}{2}}$$

Ответ: 1) $a = \frac{qU}{md}$

2) $K_1 - K_2 = qU$

3) $V_A = \sqrt{V_0^2 - \frac{7qU}{2m}}$

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

№4

Дано:

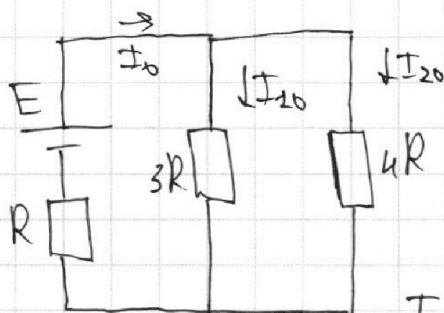
$E; R; 3R; 4R$

$3L; 2L; L$

Решение:

1) при разомкнутом ключе в установившемся режиме катушки эквивалентны перемычкам

- 1) $I_{10} - ?$
- 2) $\frac{dI_L}{dt} - ?$
- 3) $Q_{3R} - ?$



$$R_0 = R + \frac{3R \cdot 4R}{3R + 4R}$$

$$= R + \frac{12R}{7} = \frac{19}{7} R$$

$$I_0 = \frac{E}{R_0} - \text{с. тока}$$

$$I_0 = \frac{7E}{19R} \Rightarrow U_{3R} = I_0 \cdot \frac{12R}{7} = \frac{7E}{19R} \cdot \frac{12R}{7} = \frac{12}{19} E = 3R \cdot I_{10}$$

$$I_{10} = \frac{4E}{19R}$$

I_0

2) после замыкания ключа ток в катушках не может изменяться мгновенно $\Rightarrow$

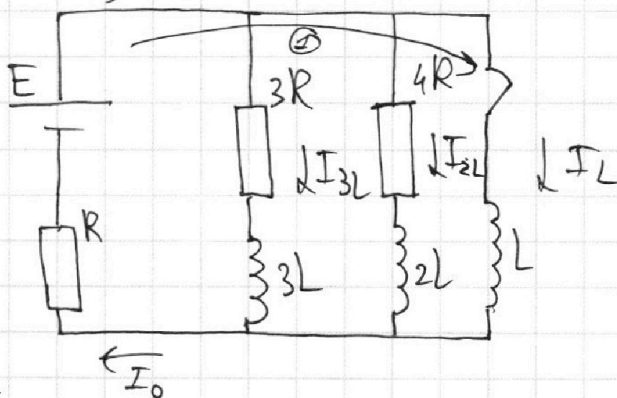
$\Rightarrow$ сразу после замыкания ключа общий ток в цепи равен $I_0 = \frac{7E}{19R}$

по 2 правому Кирхгофу для контура ①

$$E - L \frac{dI_L}{dt} = I_0 R$$

$$L \frac{dI_L}{dt} = E - I_0 R \Rightarrow \frac{dI_L}{dt} = \frac{E - I_0 R}{L}$$

$$= \frac{E - \frac{7E}{19R} \cdot R}{L} = \frac{19E - 7E}{19L} = \frac{12E}{19L}$$

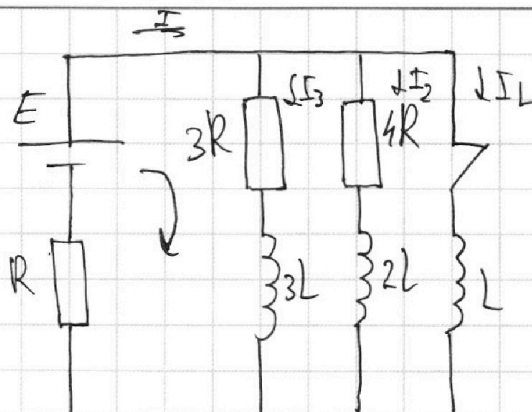


1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☒	☐	☐	☐

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



3) после замыкания
ключа ток через
катушку L начнет
увеличиваться, токи через
катушки $2L$ и $3L$ начнут
уменьшаться;



~~$$I = I_1 + I_2 + I_3$$~~

~~$$\frac{dI}{dt} = \frac{dI_1}{dt} + \frac{dI_2}{dt} + \frac{dI_3}{dt}$$~~

~~$$E + 3L \frac{dI_1}{dt} = 3RI_1 + RI$$~~

~~$$E + 2L \frac{dI_2}{dt} = 4RI_2 + RI$$~~

~~$$E - L \frac{dI_3}{dt} = RI$$~~

~~$$2E + 6L \frac{dI_1}{dt} = 6RI_1 + RI$$~~

~~$$3E + 6L \frac{dI_2}{dt} = 12RI_2 + 3RI$$~~

~~$$6E - 6L \frac{dI_3}{dt} = 6RI$$~~

~~$$11E - 6L \left(\frac{dI_1}{dt} + \frac{dI_2}{dt} + \frac{dI_3}{dt} \right) = 11RI + 6RI_1 + 12RI_2$$~~

время затухания
тока катушки
из катушки

~~$$L_1 = \frac{L}{R}$$~~
~~$$L_2 = \frac{2L}{5R}$$~~
~~$$L_3 = \frac{3L}{4R}$$~~

в момент, когда I_L станет равным $\frac{E}{R}$ токи
 I_3 и I_2 станут равны 0 (будет ток только ток,
вызванный самоиндукцией)

$$I = I_L + I_2 + I_3 \Rightarrow \frac{dI}{dt} = \frac{dI_L}{dt} + \frac{dI_2}{dt} + \frac{dI_3}{dt}$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$n=5$$

Дано:

$$n_B = 1$$

$$n_1, n_2$$

$$\alpha = 90^\circ$$

$$\alpha = 0,1 \text{ рад}$$

$$h = 1,4 \text{ м}$$

$$h_2 < h$$

$$1) n_1 = n_B = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

$$\delta = ?$$

$$2) n_1 = n_B = 1$$

$$n_2 = 1,7$$

$$x_1 = ?$$

$$n_1 = 1,4$$

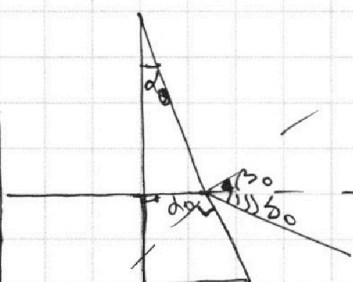
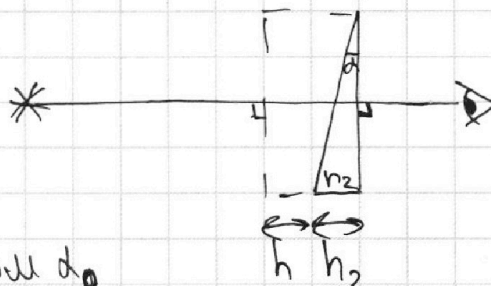
$$n_2 = 1,7$$

$$x_2 = ?$$

Решение:

1) $n_1 = n_B = 1$ ~~максимум~~
преломления в
первой призме не
происходит

в призме с малым углом α
при вершине луч отклоняется
на угол $\delta_0 = \alpha(n_0 - 1)$



$$d_0 \cdot n = \beta_0$$

$$\delta_0 = \beta_0 + d_0 - \beta_0 = d_0(n - 1)$$

в системе α мал, $h_2 < h \Rightarrow$

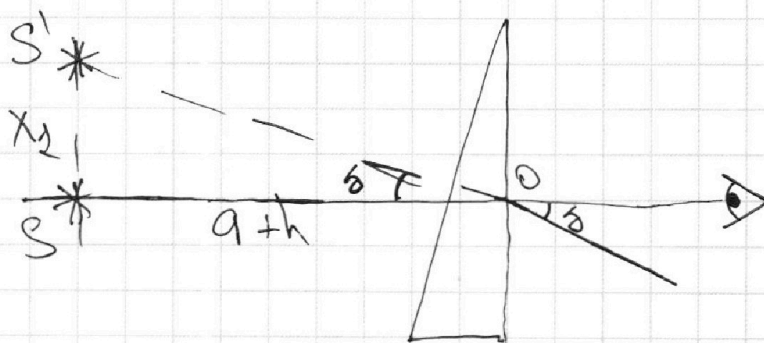
$$\Rightarrow \delta = \alpha(n_2 - 1) = \alpha(1,7 - 1) = 0,7\alpha = 90^\circ$$

$$= 0,7 \cdot 0,1 \text{ рад} = 0,07 \text{ рад} < \alpha \Rightarrow \delta - \text{мал}$$

2) при прохождении
луча через призму
с углом α при
вершине луч
отклоняется
на угол $\delta \Rightarrow$

$$\Rightarrow \angle S O S' = \delta$$

$$\tan \delta = \frac{x_1}{a_1} \Rightarrow x_1 = a_1 \tan \delta; \text{ так как } \delta \text{ мал } \Rightarrow \tan \delta \approx \delta$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи, решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☒	☐	☐

МФТИ

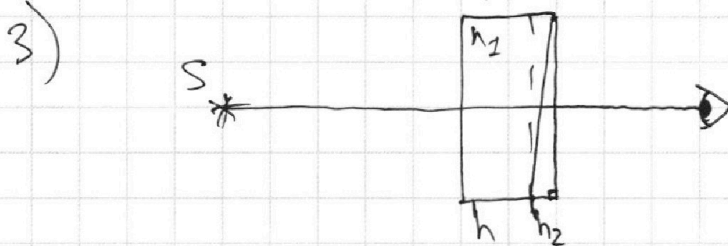
Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



15-5 - продолжение

$$X_1 = a_1 \pm g\delta; a_1 = a + h \Rightarrow X_1 = a\delta + h\delta = 90 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ рад} + 14 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ рад} \\ = 6,3 \text{ см} + 0,98 \text{ см} = 7,28 \text{ см}$$

$$X_1 = 0,5 \cdot 90 \text{ см} \cdot 0,07 \text{ рад} = 6,3 \text{ см}$$

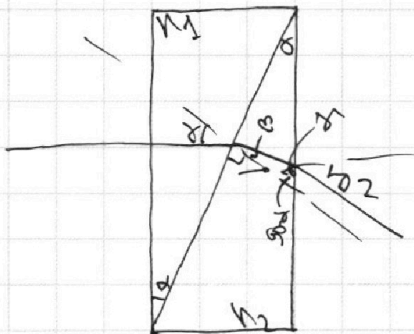


~~разделим призму на две призмы~~

разделим призму n_1 на две призмы параллельно горизонтальной поверхности толщиной h и призму с углом α при вершине

параллельная пластина эквивалентна слою воздуха толщиной $H = \frac{h}{n_1}$

рассмотрим две призмы:



1. Вспомогат.: $n_1 \alpha = n_1 \beta$

$\beta + 90^\circ - \alpha + 90^\circ + \gamma = 180^\circ$ - сумма углов δ

$\gamma = \alpha - \beta$

2. Вспомогат.: $n_2 \gamma = \delta_2$

3. Вспомогат.: $n_2(\alpha - \beta) = \delta_2$

$\delta_2 = n_2 \alpha - n_2 \beta \Rightarrow \delta_2 = \alpha(n_2 - n_1)$

$\angle SOS_2 = \delta_2 = \frac{X_2}{a - h + \frac{h}{n_1}}$

$\Rightarrow X_2 = \alpha(n_2 - n_1)(a - h + \frac{h}{n_1}) =$

$= 0,1 \text{ рад} (1,7 - 1,4) (90 \text{ см} - 14 \text{ см} \cdot \frac{1,4 - 1}{1,4}) = 2,58 \text{ см}$

Ответ: 1) $\delta = 0,07 \text{ рад}$ 2) $X_1 = 7,28 \text{ см}$; 3) $X_2 = 2,58 \text{ см}$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

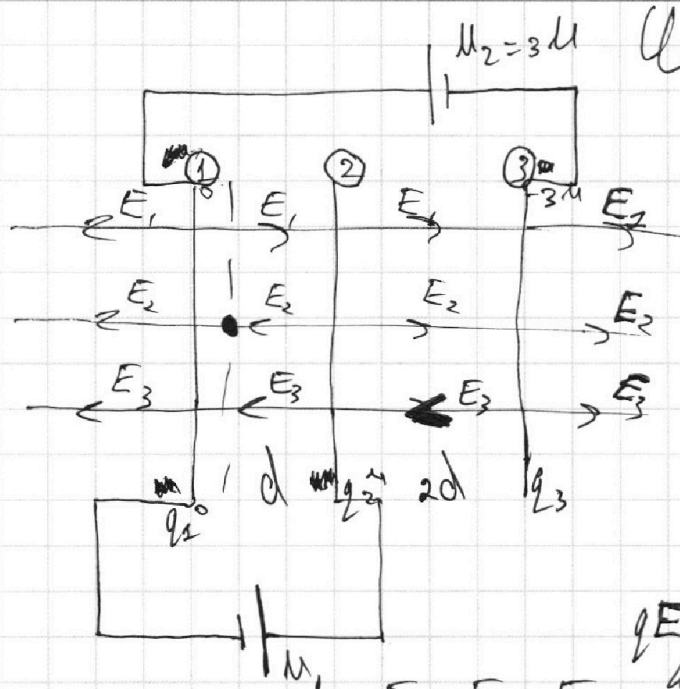
Отметьте крестиком номер задачи,

решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи, страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

$$(E_2 + E_3 - E_1)d = U$$

$$(E_1 + E_2 - E_3)8d = 8U$$

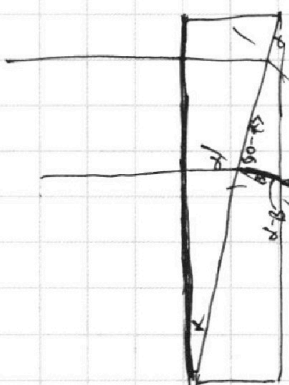
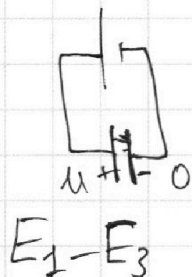
$$E_2 + E_3 - E_1 = \frac{U}{d}$$

$$+ E_2 - E_3 + E_1 = \frac{U}{d}$$

$$2E_2 = \frac{2U}{d} \Rightarrow E_2 = \frac{U}{d}$$

$$qE = am \Rightarrow a = \frac{qE_2}{m} = \frac{q}{m} \cdot \frac{U}{d}$$

$$E_1 + E_2 - E_3 = \frac{4U}{2d} = \frac{2U}{d}$$



$$140 - 90 = 50^\circ$$

$$n_1(d - n_2d) = d$$

$$n_2d - n_1d = d$$

$$n_2d - n_1d = d$$

$$14 \cdot \frac{7}{100} = \frac{7 \cdot 7}{50} = \frac{49}{50} = \frac{98}{100}$$

$$14 \cdot \frac{7}{100} = \frac{98}{100}$$

$$16,30$$

$$0,98$$

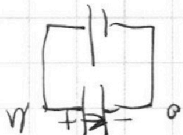
$$17,28$$

$$\delta_1 = d(n_2 - n_1)$$

$$\delta_1 = dn_2 - d - dn_1 + d$$

$$0,1 \text{ rad} (1,7 - 1,4) = 0,1 \cdot 0,3 = 0,03 \text{ rad}$$

$$(90 - 14 \cdot \frac{1,4 - 1}{1,4}) = (90 - 10 \cdot 0,4) = 86$$



$$m \cdot \frac{20}{m^2} = \frac{m \cdot m}{m} = m$$

$$\frac{86}{258} = \frac{m}{m} = \frac{m}{m}$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$g \cdot \frac{5}{2} \frac{r_{\text{плн}}}{T_0} = 5k \cdot \frac{r_{\text{плн}}}{2} + 11 \frac{r_{\text{плн}}}{2} \quad \text{Черковен}$$

$$\frac{r}{T_0} = \frac{4}{45} \left(\frac{5k}{2} + 11 \right) \quad \frac{\text{м}^3 \cdot \text{Па}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} = \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{м}^3 \cdot \text{Па}} = \frac{4}{\text{м}^2 \cdot \text{с}^2} \quad ?$$

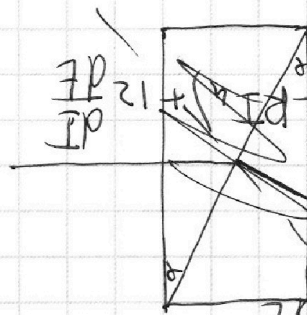
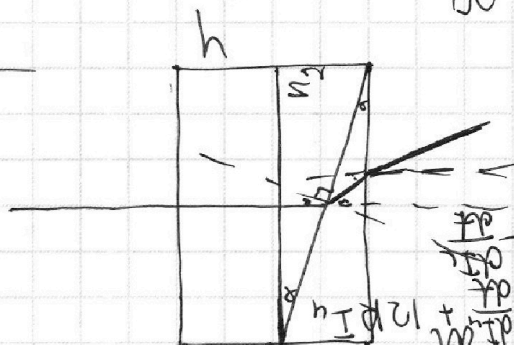
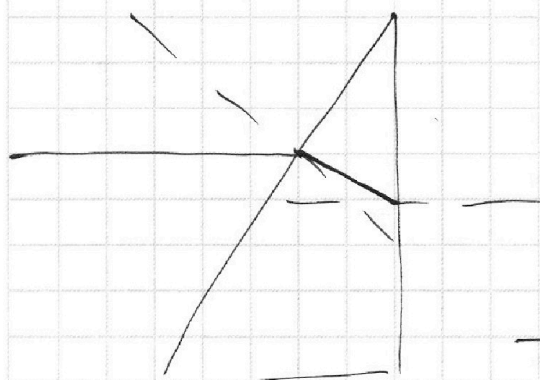
$$5 \cdot 0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 3 \cdot 10^8 + 22 = \frac{1}{2} \cdot 15 + \frac{44}{2} = \frac{15}{2} + \frac{44}{2}$$

$$= \frac{59}{2}$$

$$15 \cdot 4260 = 63900$$
$$1500 \cdot 0,424 \cdot 150 = 94500$$
$$63900 + 94500 = 158400$$
$$\begin{array}{r} 158400 \\ \times 370 \\ \hline 110880 \\ 47520 \\ \hline 586320 \end{array}$$
$$\begin{array}{r} 158400 \\ - 120000 \\ \hline 38400 \\ - 42000 \\ \hline 4200 \end{array}$$

$$0,07 \cdot 90 = 6,3$$
$$0,7 \cdot 9 = 6,3$$

$$63000 \div 7 = 9000$$



$$\frac{dT}{dT} = \frac{dI_3}{dT} + \frac{dI_4}{dT} + \frac{dI_1}{dT}$$
$$I = I_3 + I_4 + I_1$$

$$\begin{aligned} E - 3I \frac{dI_3}{dT} &= 3RI_3 + IR \\ E - IR &= 3I \frac{dI_3}{dT} + 3RI_3 \\ E - IR &= 4I \frac{dI_4}{dT} + 4RI_4 \\ E - IR &= I \frac{dI_1}{dT} \end{aligned}$$
$$\begin{aligned} 4E - 4IR &= 12I \frac{dI_3}{dT} + 12RI_3 \\ 3E - 3IR &= 12I \frac{dI_4}{dT} + 12RI_4 \\ 12E - 12IR &= 12I \frac{dI_1}{dT} \end{aligned}$$

На одной странице можно оформлять только одну задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!

$$E - L \frac{dI_L}{dt} = IR$$

$$R \cdot k_1 = \frac{B}{k_2} \cdot k_1 \cdot B \cdot c \quad \text{Проверим}$$

$$E - LI_L = Rq$$

$$\Gamma_H \cdot \frac{A}{c} \cdot c = B \cdot c$$

$$-3RI_3 \quad 3L \frac{dI_3}{dt} - 2L \frac{dI_2}{dt} = -3RI_3 + I_2 \cdot 4R$$

$$E - Rq - LI_L = Rq$$

$$E - Rq = LI_L$$

$$E - Rq = LI_L$$

$$3L \frac{dI_3}{dt} - L \frac{dI_2}{dt} = 3I_3 R$$

$$\frac{\Gamma_H}{k_1} = \frac{\Gamma_H \cdot c}{A \cdot c}$$

$$3LI_3 - LI_L = 3Rq_3$$

$$\frac{\Gamma_H}{B} = \Gamma_H \cdot \frac{\Gamma_H}{B \cdot A}$$

$$3L \frac{dI_3}{dt} + E = IR + 3RI_3$$

$$3LI_3 + E - Rq = 3Rq_3$$

$$= \frac{\Gamma_H \cdot A}{B} = \frac{c \cdot \Gamma_H \cdot A}{c \cdot B} = c$$

$$3LI_3 + Rq + LI_L = Rq + 3Rq_3$$

$$3LI_3 = 3Rq_3 \Rightarrow I_3 = \frac{Rq_3}{L}$$

$$\gamma = \frac{L}{R}$$

$$3LI_3 = 3Rq_3$$

$$\gamma = \frac{2L}{5R}$$

$$3LI_3 = L \cdot \frac{E}{R} + 3Rq_3$$

$$\gamma = \frac{3L}{4R}$$

$$3Rq_3 =$$

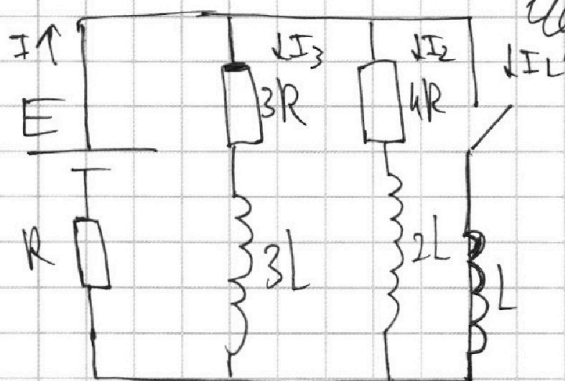
На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



Черновик

$$\begin{cases} E - L \frac{dI_1}{dt} = I_1 R \\ E - 2L \frac{dI_2}{dt} = 4I_2 R + I_2 R \\ E - 3L \frac{dI_3}{dt} = 3I_3 R + I_3 R \end{cases}$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$19E - 19IR = 12R(I_1 + I_2 + I_3) + 12 \frac{dI}{dt}$$

$$19E - 19IR = 12IR - 12I_1 R + 12 \frac{dI}{dt}$$

$$19E - 31IR = 12 \frac{dI}{dt} - 12RI$$

$$\frac{dq}{dt} = \frac{dq_1}{dt} + \frac{dq_2}{dt} + \frac{dq_3}{dt}$$

$$Edt - LdI_1 = IRdt$$

$$Et - L(I_1 - 0) = q_1 R$$

$$Et - LI_1 = q_1 R$$

$$Et - 2LI_2 = 4Rq_2 + q_1 R$$

$$Et - 3LI_3 = 3Rq_3 + q_1 R$$

$$I_1 + I_2 + I_3 = I = \frac{E}{R}$$

$$q_1 + q_2 + q_3 = q_0$$

$$Et - q_1 R = L \frac{dq_1}{dt}$$

$$Lq_1 = E \frac{t^2}{2} - q_1 R t$$

$$Et - 2L(I_2 - 0) = 4Rq_2 + q_1 R$$

$$Et - 3L(I_3 - 0) = 3Rq_3 + q_1 R$$

$$6Et - 6LI_1 = 6q_1 R$$

$$3Et - 6LI_2 = 12Rq_2 + 3q_1 R$$

$$2Et - 6LI_3 = 6Rq_3 + 2q_1 R$$

$$11Et - 6L \cdot \frac{E}{R} = 12q_1 R + 12Rq_2 + 6Rq_3$$

На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

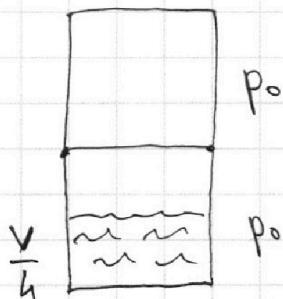
1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



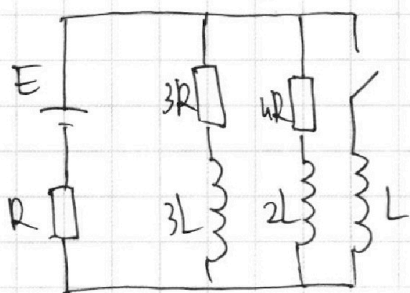
Черновик



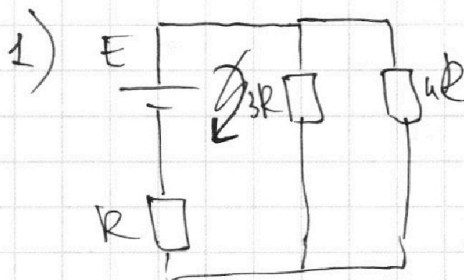
$$\Delta \bar{v} = k p_0 w; \Delta \bar{v}_p = k p_0 \frac{v}{4} = k \frac{p_0 v}{4}$$

$$p_0 \cdot \frac{v}{2} = \bar{v} R T_0$$

$$p_0 \cdot \frac{v}{4} = \bar{v}_{\text{ср}} R T_0 \Rightarrow \frac{\bar{v}_{\text{ср}}}{\bar{v}} = 2$$



$$\frac{12}{19} E : 3R = \frac{4E}{19R}$$



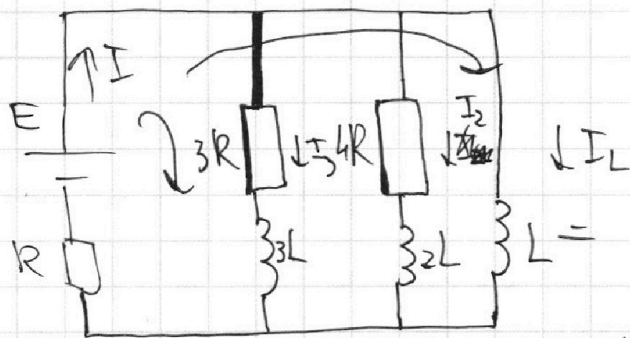
$$U = E - \frac{7E}{19R} \cdot R = \frac{12}{19} E$$

$$\frac{4R \cdot 3R}{7R} = \frac{12}{7} R$$

$$\frac{12}{7} R + R = \frac{19}{7} R$$

$$I_0 = \frac{7E}{19R}$$

$$E - I_0 R = L \frac{dI_L}{dt}$$



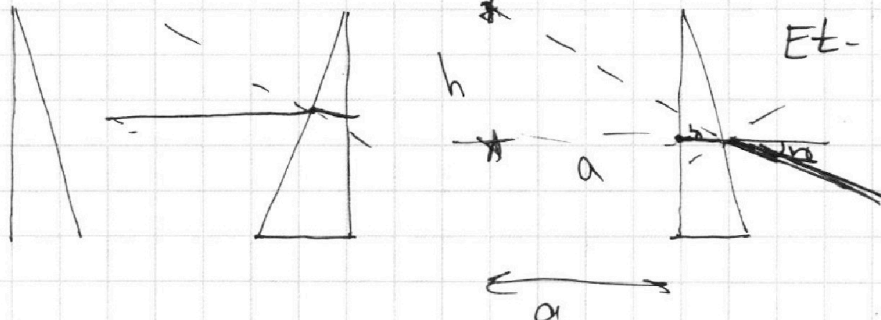
$$E - L \frac{dI_L}{dt} = I R$$

$$E - I R = L \frac{dI_L}{dt} \Rightarrow I R = E - L \frac{dI_L}{dt}$$

$$E - 3I R = 3L \frac{dI_3}{dt} + 3R I_3$$

$$E - 3E + 3L \frac{dI_L}{dt} = 3R I_3 + 3L \frac{dI_3}{dt}$$

$$-2E dt + 3L dI_L = 3R I_3 dt + 3L dI_3 - 3L dI_L$$



На одной странице можно оформлять **только одну** задачу.

Отметьте крестиком номер задачи,
решение которой представлено на странице:

1	2	3	4	5	6	7
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

МФТИ

Если отмечено более одной задачи или не отмечено ни одной задачи,
страница считается черновиком и не проверяется. Порча QR-кода недопустима!



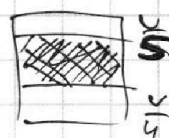
Черновики

$$p_0 \cdot \frac{U}{2} = \nu_1 RT_0$$

$$p_0 \cdot \frac{U}{5} = \nu_2 RT$$

$$p_0 \cdot \frac{U}{4} = \nu_2 RT_0$$

$$p_2 \cdot U_2 = (\nu_2 + \Delta \nu) RT$$



$$U_2 = U - \frac{U}{5} - \frac{U}{4} = \frac{20U}{20} - \frac{4U}{20} - \frac{5U}{20} = \frac{11U}{20}$$

$$p = p_2 + p_{\text{ат}}$$

$$\frac{12,5 - 10}{5} = \frac{2,5}{5} = 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2} < a < 0,5 \frac{\text{м}}{\text{с}^2}$$

$$\frac{5}{4} = \frac{1}{4} = 0,25$$

$$F_k = \alpha V_k$$

$$d = \frac{F_k}{V_k}$$

$$p_2 = \frac{20 RT (\nu_2 + \Delta \nu)}{11 U}$$

$$F_T - \alpha \Delta = \alpha m$$

$$F_T = \alpha \cdot \frac{F_k}{V_k} + \alpha m$$

$$p_2 \cdot \frac{11U}{20} = \nu_2 RT + \Delta \nu RT$$

$$\frac{p_0}{5} = \frac{p}{5T}$$

$$p = p_{\text{ат}} + p_2$$

$$\frac{2}{5} p_0 \cdot \frac{T_0}{T} = p_{\text{ат}} + \frac{20 RT \nu_2}{11 U} + \frac{20 RT \Delta \nu}{11 U}$$

$$\frac{2}{5} p_0 \cdot \frac{T_0}{T} = p_{\text{ат}} +$$

$$p = p_{\text{ат}} + \frac{2}{11} p + \frac{20 \Delta \nu RT}{11 U}$$

$$\frac{9}{11} p = p_{\text{ат}} + 20 \cdot \frac{5}{11} \cdot \frac{p_0}{5} \cdot \frac{RT}{11 U} \cdot 1/11$$

$$9p = 11p_{\text{ат}} + 5k p_0 RT$$

$$\frac{9}{11} p_{\text{ат}} \cdot \frac{2}{5} p_0 \cdot \frac{T_0}{T} = 11p_{\text{ат}} + 5k \frac{p_{\text{ат}}}{2} RT$$

$$\frac{9}{11} p_{\text{ат}} \cdot \frac{T_0}{T} = 11p_{\text{ат}} + 5k \frac{p_{\text{ат}}}{2} RT$$

$$p_0 = \frac{p_{\text{ат}}}{2}$$

